



TITLE:

地殻潮汐に就いて : 其四 緯度の潮汐變化

AUTHOR(S):

西村, 英一

CITATION:

西村, 英一. 地殻潮汐に就いて : 其四 緯度の潮汐變化. 地球物理 1942, 5(2): 113-153

ISSUE DATE:

1942-06-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/178280>

RIGHT:

地殼潮汐に就いて

其四 緯度の潮汐變化

理 學 士 西 村 英 一

1. 緯 度 變 化

剛體の形の主軸と廻轉軸とが一致せぬ時に起る所謂「Euler」章動は L. Euler に依り 1765年に理論的に導かれたが、其地球への應用は1888年 F. Küstner の緯度變化の實測に始まる。今地球の極軸並に赤道軸に關する慣性能率を夫々 C, A とすれば上の「Euler 章動」の週期は恒星日にて $\frac{A}{C-A}$ 日此を歳差運動の常數より求むれば約10箇月となるべきである。然るに1892年以降の S.C.Chandler の研究に依れば實際に緯度變化として觀測される「Euler章動」の週期は約14箇月である。Newcomb⁽¹⁾ は此の差異は地球が完全なる剛體でなく有限の彈性率を有する事に起因すると説明した。斯く地球が完全剛體の場合の週期を Euler 週期と稱し、實際の地球の示す所謂 Chandler 週期と區別する。Larmor⁽²⁾ の理論的考察によれば今 Euler 週期を T_0 、Chandler 週期を T' とし、地球子午圓の橢率を e 、地球の赤道に於ける遠心力と重力との比を m 、とすれば、其等の間には一般に次の關係が成立する。

$$1 - \frac{T_0}{T} = k \frac{m}{2e - m}$$

上式に於て k は所謂 Love number⁽³⁾ の一つにて地球内部の密度、彈性率の大きさ並に配列に關係する常數である。今 T_0, e, m は全て既知であるから T を正確に求むれば上式より k を求め得て、地球の彈性状態を探り得るのである。又此等緯度變化の觀測は地球の形狀、粘性、或は極の移動、地球外殼の活動性、其他種々の地球物理學的の諸問題にも關係あり、一方天文學に於ける恒星の位置並に固有運動の精測に役立つものである。斯る要望に應じ且其現象の性質上、國際的な事業として、1900年以後下記の同緯度の觀測所に於て、同型の天頂儀にて同一の觀測方法に依り、緯度變化の觀測が組織的に開始されたのである。其等の位置並に觀測期間は次の如し。

北 緯(39°08')

經 度

觀 測 期 間

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

水 澤 (日本)	-141° 8'	1900.0—繼續中
Tschardjui (Soviet U.)	-63 29	1900.0—1919.4
Kitab (Soviet U.)	-66 53	1930.9—繼續中
Carloforte (Italy)	- 8 19	1900.0—繼續中
Gaithersburg(U. S. A.)	+77 12	1900.0—1915.0, 1932.6—繼續中
Cincinnati (U. S. A.)	+84 25	1900.0—1916.0
Ukiah (U. S. A.)	+123 13	1900.0—繼續中

南 緯(31° 55')

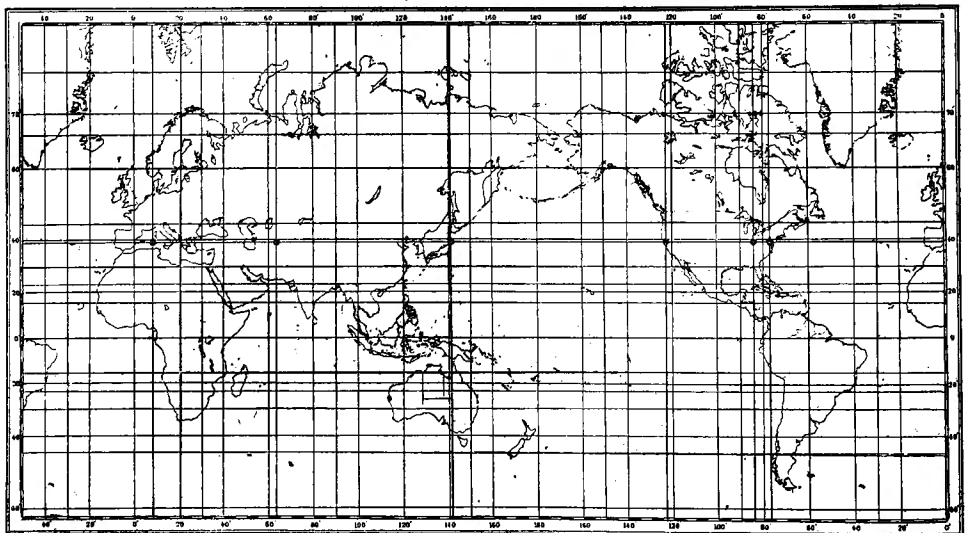
Bayswater (W. Australia)	-115° 55'	1906.0—08.6
Oncativo (Argentine)	+63 42	1906.3—09.0

南 緯(34° 55')

Adelaide (S. Australia)	-138° 35'	1931.7—繼續中
La Plata (Argentine)	+57° 56'	1932.8—繼續中

此等國際緯度觀測所の位置は次の第一圖の如き配置となる。

第 一 圖



Carloforte Tschardjui 水 澤 Ukiah Cincinnati Gaithersburg

2. 緯度の潮汐變化

緯度は Horrebow-Talcott の方法に依つて、精密に決定される。即天頂より南北に殆ほ

相等しき角距離にある二個の星に就いて其角距離の微差を精密に測定し、兩者の赤緯の和を用ひて、其地點の緯度を決定する方法で其際天頂儀の廻轉軸は常に水平に調整する必要がある。然るに、其地點の鉛直線が何かの原因で地軸に對して週期的な變化を示す場合には此變化が其儘緯度變化として觀測される筈である。例へば太陰、太陽の潮汐力に依る子午面に於ける鉛直線の週期的變化は緯度 40° に於て、太陰半日項のみにても其振幅 $0.''015$ に達する。一方緯度觀測の平均誤差は一回の觀測に對して $\pm 0.''1$ 程度であり、 10^4 回の値を用ふれば $\pm 0.''001$ 程度の誤差となるから、充分上の潮汐影響を調べ得る事となる。國際緯度觀測所に於ては前述の如き二つの星を對星と稱し、斯る對星の内其赤經 2^h 以内の 8 對を以て一群となし、斯る群 12 を以て一年の觀測番組を構成して居る。而して毎夜前後二群 16 對星を觀測し、約一箇月を以て順次後群を重ね用ひつゝ次の新しき群に移る方法である。

觀測場所、天候等に依り、差違はあるが大體 5 箇年の觀測總數が 10^4 程度となつて居るから、若し 5 箇年以上の觀測材料より、元々の「Euler 章動」の項を適當に除き、殘差に就き、太陰、或は太陽の位置との關係を求むれば緯度の潮汐變化を議論し得るわけである。

今 W_2 を太陰又は太陽の起潮汐のポテンシャルとすれば變形する地球の表面に於けるポテンシャルは

$$(1+k)W_2$$

なる事は既に述べた所である。⁽³⁾ 然るに、緯度觀測に於ては上の項の外に、地殻潮汐による觀測點の子午線方向の變位量が含まれて居るのである。

今 s を地殻潮汐に依る子午線方向の變位量とし、 φ を緯度變數とすれば

$$s = \frac{l}{g} \frac{\partial W_2}{\partial \varphi}$$

なる l を定義し得る。此を用ふれば上の s による緯度變化量は、 a を地球の半徑とすれば、次の形となる。

$$-\frac{l}{ag} \frac{\partial W_2}{\partial \varphi}$$

此と前述の項 $(1+k)W_2$ との和が求むる全作用であつて即地殻潮汐に依る地軸に對する鉛直線の變化量は結局次の形となる。

$$(1+k-l) \frac{1}{ag} \frac{\partial W_2}{\partial \varphi}$$

然るに地球が完全剛體の場合には其變化量は單に

$$\frac{1}{ag} \frac{\partial W_2}{\partial \varphi}$$

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

故に此の兩者の比を, L と記號すれば

$$L=1+k-l$$

斯く, 緯度觀測材料より求めたる地殻潮汐の變化と理論値(完全剛體)との比より上の k と l との組合を求め得るのである。然るに既に述べたる如く傾斜計觀測により,

$$D=1+k-h$$

なる Love number k, h の組合を求め得るのであつて, 今, h, l の間に或る關係を假定すれば, 此等 L, D より, k, h, l の値を求め得るのである。即地殻潮汐現象に於て, h は汐高, l は子午線方向の變位, k はポテンシャル變化に夫々比例する常數であつて, 此等を求むれば, 地球内部の密度, 彈性率の大きさ, 配列に對する考察を進め得るのである。斯く緯度變化の觀測に於て元來の「Euler 章動」と並んで其潮汐變化の研究は地球の内部構造の闡明に資するところ大なるものがある。

次に從來試みられたる其方面の研究の結果を表示すれば第一表となる。

第 一 表

緯度の潮汐變化 $a \cos(2t-x)$ 太陰半日項

Carloforte

u	γ	期 間	研 究 者
0."0088	-4°	1900.0—1908	志 田 松 山 ⁽⁶⁾
54	-2	1900.0—1911.9	Przybyllok ⁽⁶⁾
66	-3	1900.0—1912.0	Przybyllok ⁽⁷⁾
118	-26	1912.0—1922.7	西 村 ⁽⁸⁾
82	-3	1922.7—1931.0	川 崎 ⁽⁹⁾

水 澤

0."0077	$+28^\circ$	1900.0—1912.0	Przybyllok ⁽⁷⁾
82	-100	1912.0—1922.7	西 村 ⁽⁸⁾
114	-11	1922.7—1931.0	川 崎 ⁽⁹⁾

Ukiah

0."0024	$+8^\circ$	1900.0—1912.0	Przybyllok ⁽⁷⁾
105	$+11$	1912.0—1922.7	西 村 ⁽⁸⁾
123	-21	1922.7—1931.0	川 崎 ⁽⁹⁾

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

Gaithersburg

0."0074	+21°	1900.0—1912.0	Przybyllok ⁽⁷⁾
---------	------	---------------	---------------------------

尙 H. Stetson の研究に就き一言すべきであるが、其用ひたる観測材料の期間も短く、且太陰の赤緯に従つて其影響を區別した事に缺陷の存する事は川崎博士の指摘した所であるから此處では觸れずに置く。又國際觀測所ではないが Greenwich に於ける潮汐變化に就いては H. S. Jones の詳しい研究がある。

扱上の表の結果に就いて考察すれば、先づ第一に、各觀測所相互の値の不一致である。地球が完全剛體の時の理論値は此等北緯 39°08′ の地點に對しては、 t を太陰項の時角とすれば

$$0."0077 \cos 2t$$

而して實際の地球に對しては前述の如く

$$0."0077(1+k-l) \cos 2t$$

となり、すべて一致すべきである。扱此不一致の原因と考へられる第一のものは、海洋潮汐の影響である。此影響に就いては前にも屢々述べた所であるが、上表中の觀測所は各れも海に近く位し、其影響を免れざる事は明らかであつて、斯る點より考ふれば各所の値の不一致は敢て異とするに足らぬ所である。次に同一箇所に對する各人の値の不一致は何に依るか。先づ二つの原因が考へられる。一は用ひたる觀測材料が各々觀測期間を異にする事である。斯く期間の異なる事は報告者の異なる事を意味して居る。即ち、現在までに報告されたるものを列挙すれば

報告書 番 號	報 告 者	觀 測 所 (期間)
I	Th. Albrecht (1903 Berlin)	Miz. Tschar. Carl. Gaith. Cin. Ukiah (1900.0-02.0)
II	Th. Albrecht u. B. Wanach (1906 Berlin)	" " " " " "(1902.0-05.0)
III	Th. Albrecht u. B. Wanach (1909 Berlin)	" " " " " "(1900.0-06.0)
IV	Th. Albrecht u. B. Wanach (1911 Berlin)	" " " " " "(1906.0-09.0) Bayswater (1906.0-08.6), Oncativo (1906.3-09.0)
V	B. Wanach (1916 Berlin)	Miz. Tschar. Carl. Gaith. Cin. Ukiah. (1909.0-12.0)

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

報告書 番 號	報 告 者	観 測 所 (期間)
VI	B. Wanach u. H. Mahnkopf (1932 Potsdam)	Miz. Carl. Ukiah (1912.0-22.7) Tschar (1912.0-19.4) Gaith. (1912.0-15.0) Cin. (1912.0-16.0)
VII	H. Kimura (1935 Mizusawa)	Miz. Carl. Ukiah (1922.7-1931.0)
VIII	H. Kimura (1940 Mizusawa)	Miz. Carl. Ukiah (1922.7-35.0) Kitab. (1930.9-35.0), Gaith. (1932.6-35.0) Adelaide (1931.7-35.0) La Plata (1932.8-35.0)

上表の如く、各観測期間に應じて報告者の異なる場合には其観測材料より緯度變化を求むる方法に於て各自特色を有するは當然の事にて、又同一報告者にて前後の卷に於て、例へば Z-項の取扱方、或は總観測所の連鎖計算の方法に於ても、必ずしも同一でないのであつて、此様な事が其等材料より求めたる潮汐變化に影響を及ぼす事も考へられる。又他の原因は此等の材料より潮汐變化を求めたる各人の解析方法は、何れも本來の緯度變化を除いた殘差に就いて太陰の時角との關係を求むるといふ原則には變りはないのであるが、實際の解析過程に於て種々の差異があるのである。例へば志田、松山兩博士並に Przybyllok は何れも M_2 -月を用ひ、川崎博士並に西村は實際の月の時角を採用してゐるのである。又本來の緯度變化を除く手續並に、太陰の時角との對應に於ても其の計算方法に各々特色を示し、此等の差異が何等の形で求むる結果に影響する事も考へられる。又一方前に述べた如き 5 年程度の材料では實際は不充分であつて、更に長年月の材料を用ふべきであるかも知れぬ。斯くの如き事柄を明らかにする爲めには全期間を通じて總て同一の方法で、全観測に對して、潮汐變化の影響を求むる事が望ましい。此目的で、今回 1900.0~35.0 の 35 年間の材料を用ひ、全部同一の方法に依つて、解析を試みたのであつて、其内現在、1900.0~31.0 の 31 年間の結果を得たので此處に御報告申す次第である。

3. 處理材料並に方法

用ひたる観測材料は前節に述べたる國際緯度観測報告書、第 III 冊、V, VI, VII, 卷にて、便宜の爲め、III 卷(第 I 期)、IV, V 卷(第 II 期)、VI 卷(第 III 期)、VII 卷(第 IV 期)と區別すれば各観測所の材料は次の如く分けられる。

	第 I 期	第 II 期	第 III 期	第 IV 期
水 澤	1900.0~06.0	06.0~12.0	12.0~22.7	22.7~31.0
Carloforte	"	"	"	"

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

Ukiah	"	"	"	"
Tschardjui	"	"	12.0~19.4	——
Cincinnati	"	"	12.0~16.0	——
Gaithersburg	"	"	12.0~15.0	——

處理方法は各報告書卷末に附録されたる總觀測所の綜合計算に依る各觀測所の最も妥當なる緯度變化の平均曲線の觀測時に於ける値を報告書所載の個々の對星による觀測値より除き去り、其等の殘差に就いて調べる。其殘差の觀測時を先づ平均太陽時にて表はし、それに對して普通の M_2 - 解析を施す。而して其際12群を四季に分け、 $A(I, II, III群)$ $B(IV, V, VI群)$ $C(VII, VIII, IX群)$ $D(X, XI, XII群)$ となし其各々の群の對星の殘差に就いての値を最後に平均する。即斯くする事に依り、季節に依る觀測總數の不同の爲めに殘存する恐れある所の年週變化を除く事が出来る。斯くして得たる潮汐變化並に用ひたる材料の總數は次の如き結果となる。

4. 緯度變化の太陰半日項(M_2)

各觀測所の材料を前述の如く第 I, II, III, IV 期に分け、更に A, B, C, D なる四季節に細分して求めたる太陰半日項 M_2 に就き、其處理したる對星の箇數並に平均値を下の第二表に掲ぐ。但し上欄は用ひたる對星の總數にて、下欄はそれに對する緯度變化量である。各欄の最上段は各觀測所の地方太陽時の 1900年1月1日0時を基點としたる M_2 - 太陰の時角である。

第 二 表
水 澤 [I]
對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	131	124	125	124	129	99	122	109	103	102	113	119	111	121	120	97	94	83	91	103	85	96	97	119
B	71	84	96	88	109	125	107	90	106	80	64	89	77	71	77	87	78	68	77	107	92	103	99	78
C	102	102	102	135	112	131	133	128	112	109	99	92	117	109	119	114	117	113	102	95	98	86	95	113
D	117	105	99	104	105	127	130	117	124	124	89	91	96	84	78	90	85	102	117	136	111	92	94	117
總 數	421	415	422	451	455	482	492	444	445	415	365	391	401	385	394	388	374	366	387	441	386	377	385	427

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.3085	9145	9086	9277	8897	9253	8709	8998	9332	9081	8879	9043	9043	9140	9266	9494	9026	9124	8788	9061	8938	9286	8898	8750
B	8780	8690	8929	9313	9307	9160	9032	9088	8514	8904	8914	9028	9004	8818	8821	9812	8691	8610	9091	9060	9042	9314	9131	8600
C	9061	9128	9008	8940	8984	9018	8890	8891	8898	9120	9117	9147	9284	9261	9104	8918	9324	8950	9260	9406	8897	8873	9137	8661
D	9153	9087	9359	8886	8743	8756	9023	9083	9119	9058	9296	8932	8976	9081	8894	9179	8986	8844	9283	9392	9199	9686	8833	9443
平 均	0.9019	9012	9083	9091	8970	9047	8926	9014	8840	9041	9051	9037	9077	9075	9022	9224	9007	8882	9105	9230	8994	9277	9000	8863

水 澤 [II] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	113	138	132	155	142	143	167	170	162	153	131	135	176	123	128	114	153	154	135	146	145	159	126	116
B	95	91	124	112	90	73	82	72	84	93	92	111	103	141	133	146	137	124	97	88	75	95	106	90
C	128	161	142	119	108	118	126	114	127	139	116	121	95	110	119	129	113	117	116	104	117	120	97	115
D	146	126	131	151	151	138	126	124	121	104	84	113	114	130	138	129	135	116	122	120	123	150	147	168
總 數	482	516	529	537	491	472	501	480	539	489	428	430	491	504	518	518	538	511	470	458	460	524	476	489

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.4788	4576	4935	4711	4806	4931	4520	4889	4634	5143	4740	4677	4762	4600	4721	4893	4705	4762	4662	4487	4617	4966	4816	5075
B	5166	5343	4685	4685	5285	5104	4710	5087	4975	5345	5333	4248	5160	5042	4843	4567	4751	4641	4791	5179	4957	4752	5128	4928
C	5307	5125	4908	5017	4809	5183	4784	4916	5188	5189	5185	4975	5280	5480	5540	5297	4920	4839	5075	5095	5204	5010	4910	5338
D	4837	5078	5109	5068	5172	5306	5012	5384	5088	5172	5230	5283	5110	5018	5080	5144	5130	5206	5444	5398	5385	5187	4305	4969
平 均	0.5039	5032	4909	4864	5018	5131	4756	5069	4933	5212	5122	5045	5078	5035	5046	4975	4876	4862	4993	5040	5041	4979	4914	5078

水 澤 [III] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	221	208	195	228	224	199	198	181	201	224	238	229	222	234	235	229	229	239	219	204	194	223	234	223
B	149	167	185	201	170	174	169	190	223	207	183	202	204	208	185	207	229	217	204	191	179	203	220	155
C	224	201	238	248	233	237	229	221	252	278	284	234	204	233	235	212	213	214	204	202	195	207	174	210
D	208	226	254	253	209	236	240	230	236	242	255	257	237	251	279	238	198	208	195	214	220	254	268	232
總 數	802	802	872	930	896	846	836	822	912	951	960	922	867	926	934	886	869	878	822	811	788	837	896	820

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.9252	8586	8289	8379	8436	8223	8295	8206	8599	8684	8532	8559	8478	8358	8418	8713	9004	8532	8628	8345	8266	8784	8913	8784
B	9072	8802	9003	8701	8773	8805	8913	8656	8660	8680	8901	8714	8888	8931	9026	9245	8681	8830	8802	8741	8503	8843	8974	9117
C	7741	7603	7863	7557	7666	7651	7627	7535	7310	7566	7636	7874	7692	7564	7893	8040	7970	7985	8054	7689	7751	7647	7248	7562
D	8191	8544	8598	8509	8456	8452	8745	8557	9036	8555	8349	8380	8292	8339	8554	8516	8555	8687	8625	8925	8917	8708	8714	8568
平 均	0.8564	8371	8421	8287	8333	8283	8395	8246	8401	8371	8355	8257	8338	8298	8473	8629	8553	8509	8527	8425	8359	8496	8462	8508

水 澤 [IV] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	184	154	160	146	127	124	146	188	151	179	164	166	172	167	182	163	175	167	175	175	138	114	152	182
B	87	98	111	144	141	127	114	113	102	125	130	114	113	121	118	129	141	145	148	138	110	98	99	82
C	124	131	107	149	162	161	171	142	138	139	134	165	164	179	225	205	169	172	180	198	186	164	166	144
D	115	113	122	133	119	132	143	106	116	127	130	123	149	151	148	159	151	151	134	112	115	131	117	132
總 數	460	496	500	572	549	544	574	499	507	570	558	568	598	618	673	656	636	635	637	623	549	507	534	490

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.5345	6012	5754	5899	6114	5740	5957	5625	6081	6140	5970	6243	6343	5909	5960	5967	5874	5780	6136	6154	5959	6269	5997	5793
B	5994	6038	6127	6079	5892	5858	6027	6284	5673	6182	6061	6217	6112	6012	6082	5978	6174	5688	5725	5873	6450	6038	6097	6285
C	6336	6093	6450	6060	5778	5710	5984	6254	6149	6063	6056	5907	5929	5989	6040	6309	6120	6169	6016	5931	5980	6134	6011	6448
D	6079	5974	6322	6059	5832	5614	5588	6131	5898	6054	5882	5897	6085	5915	6072	6000	6465	5828	5964	6077	5925	5795	6133	6058
平 均	0.5089	6028	6163	5974	5904	5741	5889	6074	5950	6111	5992	6066	6117	5956	6039	6064	6158	5866	5980	6009	6066	6059	6060	6146

Tschardjui [I] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	87	103	115	123	130	104	96	79	70	83	100	102	89	90	85	86	74	59	47	72	91	100	88	84
B	86	72	86	60	54	81	80	82	86	66	52	55	62	69	94	90	89	71	74	84	64	68	63	74
C	87	100	101	98	93	99	83	98	121	119	103	110	100	88	102	101	96	98	90	86	95	88	84	107
D	169	177	171	167	156	170	159	170	181	170	158	166	158	137	194	165	153	166	181	185	189	171	156	154
總 數	429	452	473	448	433	454	418	423	458	438	413	432	409	434	475	442	412	394	392	427	439	417	391	419

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.5217	5174	5411	4834	4816	4755	5125	4760	5070	5001	4735	5038	5706	5306	5824	5306	4693	4769	4968	5398	5235	5190	5257	4902
B	5111	4947	5060	5595	5205	5086	5357	5147	4912	5156	4236	5240	5174	5094	5262	4665	4689	5292	4874	5195	5264	5067	4941	4983
C	5066	4910	5744	5021	4810	4356	5218	5273	4966	4847	4971	4691	5032	4894	4938	4578	4740	4802	4730	4134	4896	5244	5366	5269
D	4995	5042	4623	4579	4466	4696	4487	4880	3897	4918	5087	5224	5069	4603	4868	4847	4532	4958	4615	4918	4508	4557	4869	4867
平 均	0.5097	5018	5210	5007	4824	4723	5047	5013	4711	4981	4962	5068	5245	4374	5223	4848	4664	4955	4796	4911	4976	5020	5108	5005

Tscharjdjui [II]

對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	83	106	115	153	128	128	126	134	125	99	101	100	123	98	104	115	133	111	113	116	126	112	86	99
B	71	60	88	58	81	98	118	99	69	72	78	71	71	85	92	87	61	75	76	86	67	64	65	61
C	105	134	180	147	134	115	128	135	124	126	125	112	141	134	124	105	98	103	105	100	111	95	98	85
D	213	197	207	222	194	184	185	177	202	202	223	252	237	236	230	219	246	226	229	206	201	171	192	176
總 數	472	497	540	580	537	525	557	545	520	499	527	535	572	553	550	526	538	515	523	508	505	442	441	421

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.3713	3199	3363	3242	2983	3130	3201	3657	3658	3533	3044	2892	2884	3101	3099	2973	3148	3277	3206	3352	3250	3234	3631	3313
B	3689	3158	3513	3474	3244	3421	3339	3198	3335	3399	2808	3236	3213	3802	3292	3011	3069	3256	2918	3174	3536	3723	3635	4072
C	3747	3725	3715	3669	3207	3368	3071	3195	3153	2925	3581	3791	3316	3774	3415	3703	3457	3067	3235	3281	2570	3240	3154	3488
D	3189	3455	3089	3608	3076	3515	3048	3089	3315	3031	2787	2994	3063	3186	3149	3028	3264	3349	3231	3419	3517	2994	3068	2944
平 均	0.3535	3384	3420	3498	3128	3357	3165	3255	3365	3220	3055	3241	3119	3466	3239	3179	3235	3237	3148	3307	3232	3298	3335	3579

Tschardjui [III]

對 星 數

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	114	101	125	145	119	119	123	136	139	128	136	142	130	147	147	114	127	145	127	120	120	100	107	127
B	133	111	93	110	106	103	100	99	83	76	88	68	67	82	103	103	103	78	85	85	68	117	106	113
C	129	135	137	138	135	137	145	117	121	116	113	126	139	136	126	122	136	150	136	184	160	146	129	136
D	224	254	254	256	233	232	227	251	275	282	244	249	226	220	227	261	244	207	194	185	191	206	184	193
總 數	600	601	609	640	598	591	595	608	618	602	581	585	562	585	603	600	610	580	542	574	539	569	526	573

變 化 量

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.3905	4423	3853	3572	3887	3864	3748	3570	3703	4195	3978	3987	5179	3871	3884	2675	3869	3547	3889	4142	4088	3806	3962	4018
B	4458	3803	3766	4405	3647	4188	4199	3696	4199	4391	4217	3590	5166	4163	3870	4108	4851	3372	4027	4531	4669	3912	3997	3881
C	2509	3085	2553	2619	2776	2502	2582	2188	2464	2743	2816	2738	8105	2762	2854	2410	2125	2379	2919	2437	2834	2706	2588	2952
D	3683	8499	8537	3289	3664	3475	3985	3600	3543	3619	3889	3673	3301	3050	3642	3826	4011	3660	3764	3708	4069	4237	4288	3901
平 均	0.3633	3703	2427	3471	3494	3507	3627	3264	3479	3737	3725	3497	4188	3462	3668	3255	3714	3240	3650	3708	3914	3865	3681	3696

Carloforte [I]

對 星 數

	0 ^A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	172	173	161	146	149	147	171	160	166	159	175	177	160	169	179	185	200	184	188	150	128	150	144	139
B	121	101	185	140	120	130	134	120	120	111	125	131	149	175	165	181	179	130	145	162	144	129	131	125
C	201	220	183	180	154	158	152	172	172	210	183	210	235	210	244	220	210	195	217	184	185	207	234	233
D	303	315	291	287	277	324	321	302	314	294	298	297	266	283	285	271	283	287	277	316	302	303	309	319
總 數	802	809	770	753	700	759	778	784	772	774	781	815	810	837	873	857	869	796	797	812	759	789	818	816

變 化 量

	0 ^A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.2167	2212	2124	1724	1623	1904	1892	1971	1989	1848	2166	2305	2203	2147	2603	2175	2173	2056	2089	1989	1911	2186	1892	1954
B	1627	2083	1880	1755	1484	1785	1778	1888	2078	1688	1776	1947	1993	1701	1917	1793	1797	1984	1828	1679	1854	1808	2261	2077
C	1883	1554	1759	1566	1997	1757	1822	1697	2038	2039	1989	2029	2086	2254	2057	2284	2231	2108	2089	2124	2061	1869	1754	2078
D	2510	2527	2414	2261	2189	2145	2023	2100	2294	2242	2386	2265	2323	2088	2413	2106	2057	2016	2156	2151	2292	2435	2386	2394
平 均	0.2047	2044	2047	1827	1823	1898	1879	1914	2097	1954	2079	2137	2151	2048	2246	2090	2065	2041	2041	1981	2030	2075	2073	2126

Carloforte [II]

對 星 數

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	166	146	146	162	148	159	153	152	144	164	158	126	138	123	131	127	124	150	138	131	132	142	147	179
B	98	72	88	108	96	114	121	97	106	95	79	92	82	88	92	101	89	99	85	85	97	97	87	79
C	142	169	175	189	186	165	167	150	148	183	166	177	197	186	159	144	154	153	144	132	156	141	131	126
D	283	287	287	320	327	310	295	261	310	309	321	306	293	295	308	261	286	299	308	287	280	307	307	283
總 數	689	674	696	779	757	748	736	660	708	751	724	701	710	692	690	683	653	706	675	635	665	687	672	667

變 化 量

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.4013	3735	3808	3712	3786	3851	4017	4112	4095	4127	4055	3866	3905	4097	3633	3492	3710	3849	3828	3842	3763	4075	4107	4153
B	4431	4803	4059	4294	4084	4019	3856	3915	4064	4199	3887	4261	4239	4183	3791	4068	4009	3894	4106	3940	4024	3951	4220	4205
C	4092	4273	4240	4039	3981	3969	4089	3901	3749	3930	4104	4194	4118	4204	4808	4131	4062	3977	3857	3978	3904	4052	3725	4169
D	3930	4071	3955	4153	4161	4105	4272	4155	4069	4034	4038	4113	4036	4187	4217	4126	4094	4193	4343	4247	4285	4094	4213	4207
平 均	0.4117	4096	4014	4051	4003	3986	4059	4021	3994	4073	4021	4109	4102	4155	3986	3954	3969	3978	4034	4002	3994	4043	4066	4184

Carloforte [III] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	219	195	162	167	165	209	236	216	226	232	206	209	204	178	148	181	211	180	174	189	187	177	175	175
B	188	165	170	184	184	188	203	200	178	165	211	152	183	174	188	183	204	222	217	211	161	140	162	165
C	266	266	275	275	261	280	269	271	162	247	261	278	298	264	276	284	277	283	282	332	294	296	263	248
D	454	445	434	454	475	458	480	486	432	485	446	458	439	480	490	493	487	490	467	503	469	502	517	481
總 數	1127	1071	1041	1080	1085	1185	1188	1178	1148	1129	1124	1097	1124	1096	1102	1141	1179	1175	1140	1235	1111	1115	1117	1069

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.3597	3578	3649	3376	3241	3102	3153	3318	3515	3661	3738	3690	3702	3499	3350	3218	3275	3232	3303	3626	3456	3766	3761	3711
B	3908	3707	3557	3660	3588	3294	3534	3543	3703	3698	3791	3949	4145	3594	3826	3873	3784	3623	3488	3413	3602	3658	3801	3929
C	2515	2640	2623	2584	2602	2665	2445	2557	2454	2238	2536	2535	2559	2372	2625	2787	2796	2745	2861	2667	2742	2608	2826	2683
D	3657	3565	3336	3322	3318	3417	3366	3595	3919	3599	3675	3577	3408	3484	3420	3468	3556	3520	3716	3792	3755	3917	3738	3677
平 均	0.3598	3371	3291	3236	3187	3120	3125	3258	3323	3299	3435	3488	3454	3226	3305	3337	3358	3280	3342	3374	3389	3487	3407	3500

Carloforte [IV]

對 星 數

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	117	151	155	167	171	186	114	124	107	128	118	118	104	91	101	132	156	144	188	106	110	121	146	181
B	111	94	81	78	74	72	82	78	87	105	86	80	75	100	98	65	72	101	115	108	78	59	82	108
C	109	116	147	145	148	193	183	158	149	131	127	156	150	143	182	165	142	166	160	180	148	116	113	85
D	246	254	230	268	285	285	238	210	208	231	238	241	238	227	225	246	252	252	239	236	267	271	266	258
總 數	583	615	613	648	623	636	617	565	551	595	569	595	565	561	576	599	622	663	652	629	603	567	607	577

變 化 量

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.1094	0926	1097	0899	0784	0685	0768	0597	1011	0906	1071	1358	0857	1155	0957	0923	0697	0608	0835	0814	0948	1036	0978	1072
B	0988	1409	0922	0712	1128	0749	0745	0471	0882	1150	0840	0799	1293	0916	1168	0822	0713	0659	0787	0904	0742	0787	0967	1098
C	1098	1048	0965	1047	0937	0880	0884	0897	1567	0844	0974	0981	1089	1047	1197	1231	1380	0748	0821	1016	0956	1028	0840	0948
D	0980	0899	0778	0906	0717	0929	1109	0968	0769	0997	1101	0978	1059	0788	1046	0789	0887	0869	0896	0948	1057	1110	1096	1094
平 均	0.1041	1070	0939	0891	0892	0798	0877	0738	1045	0974	0997	1029	1072	0979	1092	0941	0907	0721	0835	0919	0926	0978	0969	1058

Gaithersburg [I] 對 星 數

	0 ⁿ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	126	181	123	103	103	97	95	81	90	102	124	148	162	121	106	103	118	112	86	109	118	142	119	122
B	99	77	101	98	85	93	70	74	74	83	102	91	97	76	83	65	69	65	70	86	77	79	78	64
C	84	120	98	100	86	105	100	101	79	84	68	67	94	91	99	95	82	87	85	96	95	86	92	96
D	144	177	171	173	122	110	104	118	134	114	98	99	109	127	163	172	174	145	141	123	97	113	142	146
總數	453	505	493	469	401	405	369	374	377	383	392	405	452	415	451	435	443	409	382	414	387	420	426	428

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.5184	4645	5009	4764	4920	5001	4717	4731	4233	4490	4576	4984	4690	4712	5057	4847	4569	4753	4159	4522	4675	4619	4936	4395
B	4646	4514	4624	4529	4586	4597	5171	4711	4718	4453	4509	4891	4944	4499	4680	4775	4361	4949	4593	4480	4316	4885	4677	4867
C	3481	4877	4767	5024	4426	4440	4355	5051	4935	4729	4851	4770	4700	5422	5018	5168	5209	4978	4711	4499	4438	4908	4783	5045
D	4665	4531	4564	4445	4312	4583	4294	4306	4512	4695	4695	3906	4440	4646	4539	4923	4764	4470	4302	4441	4789	4725	4485	4633
平均	0.4482	4654	4741	4691	4561	4655	4759	4700	4612	4592	4658	4688	4694	4820	4824	4928	4726	4788	4441	4486	4554	4769	4720	4610

Gaithersburg [II]

對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	112	115	138	139	158	125	95	95	85	89	102	102	145	105	79	98	110	104	107	124	127	109	106	101
B	103	97	107	121	90	100	119	101	98	94	84	81	88	108	100	100	89	86	66	73	36	62	81	81
C	118	126	92	96	96	92	86	95	100	121	105	101	104	87	112	95	107	82	94	105	106	103	103	100
D	152	134	165	173	128	111	151	154	187	154	157	163	117	126	134	132	167	179	165	153	136	142	173	155
總 數	435	472	502	529	472	428	451	445	470	458	448	447	454	426	425	425	473	451	432	455	405	416	463	437

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.5038	5378	5792	5638	5678	5735	5724	6026	6109	6449	6355	6005	5474	5591	6152	6243	5975	5878	6131	5619	5659	6087	6137	6038
B	6477	6271	6135	6456	6127	6415	6109	5962	6237	5979	6089	6488	6857	6208	6292	5884	5765	6038	6106	6187	5964	6540	6400	6378
C	5632	6555	6359	6844	6436	6475	6427	5966	6416	6139	6382	6386	6550	6784	6616	6695	6415	6068	6506	6385	6199	6456	6396	6503
D	5952	5877	6043	6133	6367	6402	6178	6216	6408	6188	5924	5982	6032	5995	5978	6149	6159	6362	6347	6345	6330	6337	6455	6057
平 均	0.6025	6020	6032	6266	6152	6257	6110	6042	6292	6189	6188	6215	6103	6144	6259	6243	6078	6084	6273	6122	6038	6355	6347	6308

Gaithersburg [III] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	57	46	48	54	62	54	66	78	71	76	61	42	37	43	47	50	56	62	60	39	52	44	39	53
B	39	45	43	42	42	32	32	32	42	48	48	58	43	55	48	49	46	43	57	64	50	42	53	46
C	62	43	38	38	50	47	46	41	39	52	46	42	45	62	74	78	82	60	46	55	58	50	58	75
D	71	79	75	59	51	64	59	61	78	60	49	57	60	65	82	113	110	84	86	66	50	57	50	41
總 數	229	218	204	193	205	197	203	212	230	236	204	199	185	225	251	290	294	249	249	224	210	193	200	215

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.5579	5322	5423	5143	5426	5524	5185	5585	5818	6409	6075	6150	6103	5467	5281	5842	5482	5645	5575	6105	5558	5784	5686	5828
B	6254	5420	5649	5667	5319	5025	6006	5216	5612	6333	5929	5393	6349	6282	6219	6006	5698	5360	6021	5670	5510	4774	5808	6085
C	4747	4481	4613	5121	4416	4211	3994	3698	3746	3363	4365	4269	4356	4440	4750	4655	4552	4590	4965	4822	4660	4036	4122	4265
D	5389	5267	5131	5468	5351	5358	5512	5897	5695	6012	5510	5132	4773	5254	5390	5188	5554	5601	5317	5795	5738	5930	6134	5468
平 均	0.5492	5123	5204	5350	5128	5030	5174	5174	5218	5529	5470	5237	5395	5361	5410	5423	5397	5299	5470	5598	5367	5131	5475	5412

Cincinnati [I]

對 星 數

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	102	87	79	69	70	71	103	89	97	114	102	120	104	81	87	113	111	126	102	82	80	98	82	89
B	47	48	59	59	57	62	47	54	71	63	84	79	79	80	80	64	78	78	75	68	61	57	63	47
C	80	87	88	104	75	78	93	99	65	87	77	90	106	111	122	102	96	97	97	82	74	69	91	101
D	89	92	100	113	133	117	77	104	121	115	134	129	110	118	141	165	172	138	139	126	90	100	100	109
總 數	318	314	326	350	335	328	320	346	354	379	397	418	399	390	430	444	457	439	413	358	305	319	336	346

變 化 量

	0 ^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.6435	6384	6182	6233	6389	5763	6099	5836	6340	5959	5824	6123	7282	6222	6230	6162	6367	5643	5613	5955	5981	6306	6641	6243
B	6283	6085	6715	6415	5689	6161	5536	5700	5983	6270	6085	6076	5972	6534	6316	6597	6003	6283	5904	5560	5957	6282	6505	6406
C	5873	6098	6102	6015	5749	6505	6542	5867	6234	5644	5313	5679	6409	6082	6151	5962	5918	5860	5336	6215	6201	6428	6052	6051
D	6373	6274	7063	6042	6025	5742	5810	6163	5741	5830	6259	6164	6039	6153	6045	6102	5756	5871	6050	5810	5989	5978	6074	6196
平 均	0.6242	6210	6516	6176	5963	6043	5997	5892	6075	5938	5807	6012	6413	6243	6186	6206	6011	5917	5851	5885	6032	6249	6318	6224

Cincinnati [II]

對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	86	112	103	105	79	71	89	96	77	64	67	64	86	73	65	81	80	66	55	70	97	110	93	78
B	58	69	70	69	50	59	59	45	69	75	82	80	62	76	88	84	83	93	84	70	30	32	40	49
C	71	68	69	67	55	63	58	67	64	88	73	58	71	69	76	80	103	110	102	98	97	80	58	58
D	78	78	98	114	111	96	113	92	92	94	93	114	99	91	99	110	107	117	133	99	99	110	79	99
總 數	293	327	340	355	295	299	319	300	302	321	315	316	318	309	328	355	373	386	374	337	323	332	270	284

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.7928	7669	7122	6990	7046	7059	7081	7313	7174	7016	7103	6858	7177	7075	6863	7057	6816	7153	7062	7373	7294	7766	7369	7426
B	7100	7072	7104	6785	7134	6634	6632	6876	6714	7031	7350	6921	7363	7192	7186	7257	6822	6662	6694	6647	6837	7372	7245	7690
C	7283	7375	7532	7210	7318	7449	6921	7557	7172	6948	6977	7217	7841	7643	7562	7651	7561	7035	7113	6981	7068	7086	7576	7655
D	7662	7384	7572	7862	7477	7383	7091	7364	7432	7436	7411	7024	7123	6965	7186	8015	7202	7133	7780	7802	7232	7454	7584	7510
平 均	0.7498	7520	7333	7199	7244	7131	6981	7278	7186	7108	7210	6930	7376	7219	7199	7495	7100	6996	7162	7201	7108	7420	7444	7570

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

Cincinnati [III]

對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	66	48	40	50	38	29	51	70	60	43	36	34	40	38	40	43	60	65	60	18	26	26	51	67
B	27	41	48	26	26	15	14	23	44	41	35	32	36	32	37	43	40	27	27	84	22	43	41	37
C	42	37	26	29	80	27	35	38	46	43	36	47	44	50	51	49	56	56	45	83	54	31	43	54
D	42	32	41	26	41	58	72	90	86	68	66	65	51	50	67	66	84	63	54	57	48	40	89	37
總 數	177	158	155	131	135	129	172	221	236	195	173	178	171	170	195	201	240	211	186	142	150	140	174	159

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.7206	7744	7558	7094	7350	7514	7957	7974	7792	8944	7697	7702	7770	8094	7525	7388	7458	7577	7383	7739	7624	8227	7621	7830
B	7670	7444	7937	6450	6631	5947	7007	7250	7543	7873	8371	7669	8840	8334	8281	8009	7692	7515	8003	6903	7209	7486	8281	7976
C	6242	6065	6754	6717	6873	8614	6526	6368	6050	6058	6131	7089	6534	6778	6396	6806	6943	7068	7249	6842	6741	6991	6500	6526
D	7745	7794	7173	7815	7722	7745	7983	8902	8634	8525	8130	7951	7751	7840	7766	7794	7852	8122	7819	8246	8156	8680	8988	8176
平 均	0.7216	7262	7356	7019	7144	7455	7368	7874	7505	7850	7583	7608	7724	7762	7492	7499	7488	7571	7614	7438	7438	7846	7885	7627

Ukiah [I] 對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	164	163	153	127	180	160	149	120	140	130	150	154	154	124	124	112	105	141	155	135	125	117	116	153
B	74	87	118	119	113	129	120	99	121	88	95	91	76	88	104	99	112	104	99	114	106	102	78	60
C	126	145	131	147	123	124	144	140	112	158	134	138	157	141	158	131	126	124	131	118	116	96	125	112
D	208	195	191	181	182	181	178	203	208	196	156	166	174	172	193	200	178	179	202	225	197	190	210	229
總數	572	590	593	574	594	594	591	662	581	567	535	549	561	525	579	542	521	548	567	592	544	505	529	554

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.3156	3219	2939	2820	2303	2779	3055	2656	3136	2983	3240	3060	3175	3084	3117	3071	3124	2730	3007	3109	3409	2886	2989	2836
B	3115	2878	3326	2979	2927	2974	3048	3038	3103	3045	3350	2614	3212	3484	3383	3190	3187	2970	3477	3023	2772	3247	3222	2502
C	2925	3186	3503	3241	3221	3156	3279	3020	2654	3322	3037	3256	3152	3339	3094	3378	3169	3185	3252	3049	3397	3099	3153	2677
D	3276	3418	3192	3307	2911	3119	2946	3084	2972	3033	3401	3164	3176	3044	3291	3409	3252	3262	3241	3111	3449	3174	3212	3396
平均	0.3118	3175	3240	3087	2966	3007	3032	2950	2966	3097	3277	3025	3179	3238	3221	3262	3183	3037	3244	3073	3257	3101	3144	2854

Ukiah [II]

對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	93	89	97	122	104	95	111	108	98	69	73	72	81	61	73	78	78	79	82	89	100	108	86	94
B	82	89	91	74	56	58	71	51	60	70	67	87	67	76	75	51	50	87	77	91	76	73	72	67
C	116	117	101	116	98	94	78	77	89	105	96	110	108	103	101	108	118	114	128	115	111	109	113	126
D	206	175	159	154	143	164	152	147	167	179	160	154	122	118	131	145	149	153	177	193	179	176	187	174
總 數	497	470	448	466	401	411	412	383	414	423	396	423	373	358	380	377	395	433	464	488	466	466	458	461

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.5230	5065	5204	5003	5038	5202	5492	5574	5762	5148	5558	5260	5062	5390	5421	5392	5417	5072	4704	5682	5465	5480	5469	5541
B	5594	5539	5048	4583	5425	4702	5089	4645	5136	5023	5598	5363	5330	5245	5019	4976	5443	5380	4932	5257	5325	5636	5688	5836
C	5567	5250	5316	5104	5259	5036	5010	5000	4969	4949	4810	5101	5331	5664	5536	5505	5787	5443	5333	4965	5032	4862	5196	5352
D	4960	4868	5187	5171	4998	5326	4866	5202	5010	5265	5021	5191	5252	4864	4853	4614	5340	5041	5577	5154	5254	5248	5101	4895
平 均	0.5338	5179	5189	4965	5180	5067	5164	5105	5219	5095	5246	5229	5244	5291	5207	5112	5496	5234	5138	5265	5269	5215	5337	5406

Ukiah [III]

對 星 數

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	153	152	146	172	176	189	213	166	155	153	169	169	141	179	166	150	142	168	203	227	230	208	189	157
B	130	122	139	149	141	137	164	153	161	156	143	125	113	117	117	116	150	130	111	115	112	128	127	123
C	166	140	143	167	172	164	168	157	207	201	185	177	181	187	166	139	161	187	188	210	164	205	218	177
D	294	299	328	327	313	318	313	311	348	348	331	314	280	268	265	269	301	263	283	311	277	237	250	278
總 數	743	713	766	815	802	808	858	787	871	858	828	785	715	751	714	674	754	748	785	863	783	778	779	735

變 化 量

	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.4570	4666	4079	4282	4423	4747	4191	4452	4569	4457	4843	4724	4526	4855	4667	5161	4523	4498	4752	4463	4486	4697	4827	5236
B	5482	5596	4669	5190	4909	5004	4643	5239	4657	5167	4670	5227	5066	5013	5128	5376	4789	4502	4476	4313	4371	4588	4457	5354
C	3196	3269	3795	3116	3338	3538	3698	3495	3338	3369	3435	2865	3284	3504	3191	3676	2789	3430	3329	3546	3667	3489	3466	3376
D	4134	4289	4176	4094	4283	4427	4252	4065	4030	4347	4527	4628	4308	4409	4668	4541	4297	4237	4375	4413	4327	4694	4625	4502
平 均	0.4346	4455	4180	4158	4226	4429	4171	4313	4299	4335	4369	4361	4295	4445	4411	4639	4087	4166	4233	4184	4213	4367	4344	4617

Ukiah [IV]

對 星 數

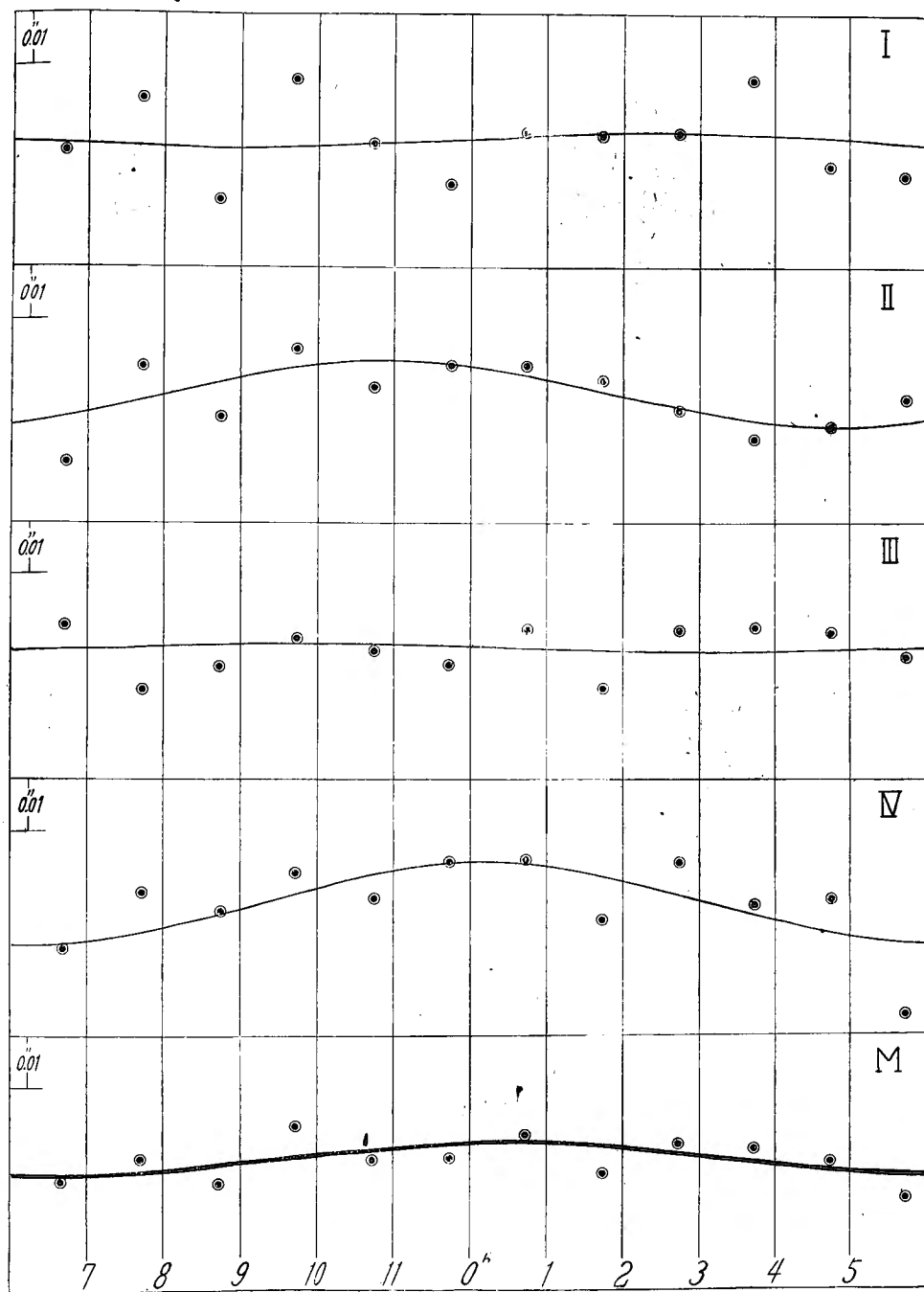
	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	193	208	216	214	206	223	210	212	213	230	216	201	204	208	217	210	195	196	228	200	188	192	164	206
B	155	125	131	157	153	145	156	166	165	158	136	144	170	178	184	167	168	138	144	175	165	178	159	154
C	212	184	179	195	184	197	205	189	209	221	212	218	197	180	220	193	185	198	199	208	170	192	178	177
D	239	225	226	259	256	248	261	251	249	288	260	248	280	270	253	243	262	237	248	261	240	252	244	232
總 數	799	742	752	825	799	808	832	818	836	897	824	811	851	836	874	813	810	769	814	844	763	814	745	769

變 化 量

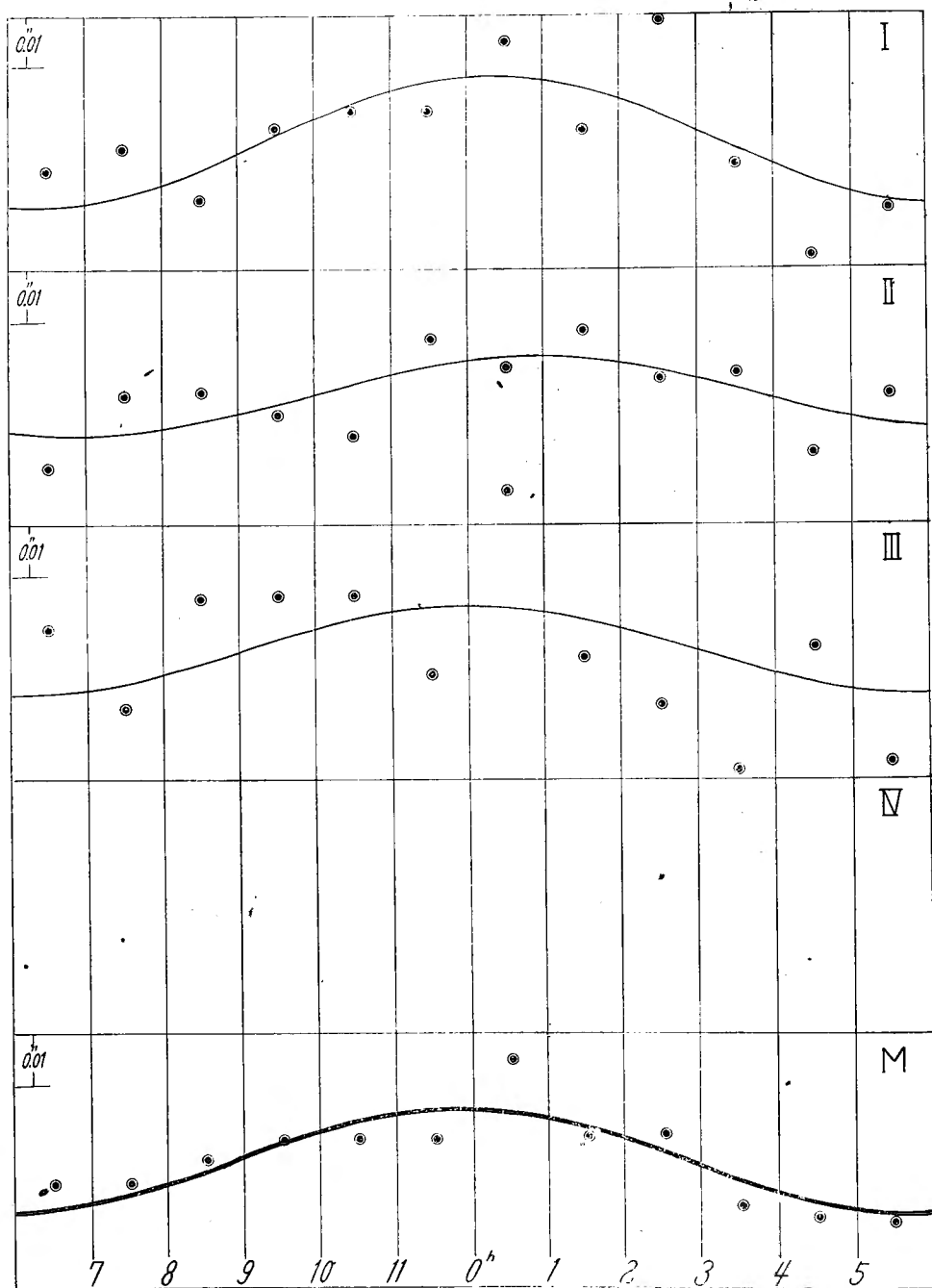
	0 ^h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
A	0.2146	2016	1917	1811	1741	1723	1924	1659	1615	2132	1890	2084	2050	1991	1951	1856	1787	1495	1759	1838	1647	2033	2091	2338
B	2479	1790	1934	1955	1784	1704	1921	1793	1864	1997	1896	2239	2065	2014	2063	2035	2205	2207	1896	1793	1948	2144	2175	2364
C	2203	2071	2254	2363	2068	1907	2006	2117	1885	1869	1816	2091	2143	2371	2111	2304	2127	2232	2136	2109	1968	1913	1961	1967
D	1887	1875	2048	1769	1878	1789	1800	1793	1948	2487	2022	1830	2108	2104	2119	1802	1890	2091	1812	2084	1999	2110	2069	2106
平 均	0.2166	1938	2038	1975	1868	1781	1913	1841	1828	2121	1906	2049	2092	2120	2061	1999	2002	2006	1901	1951	1891	2050	2074	2194

水 澤

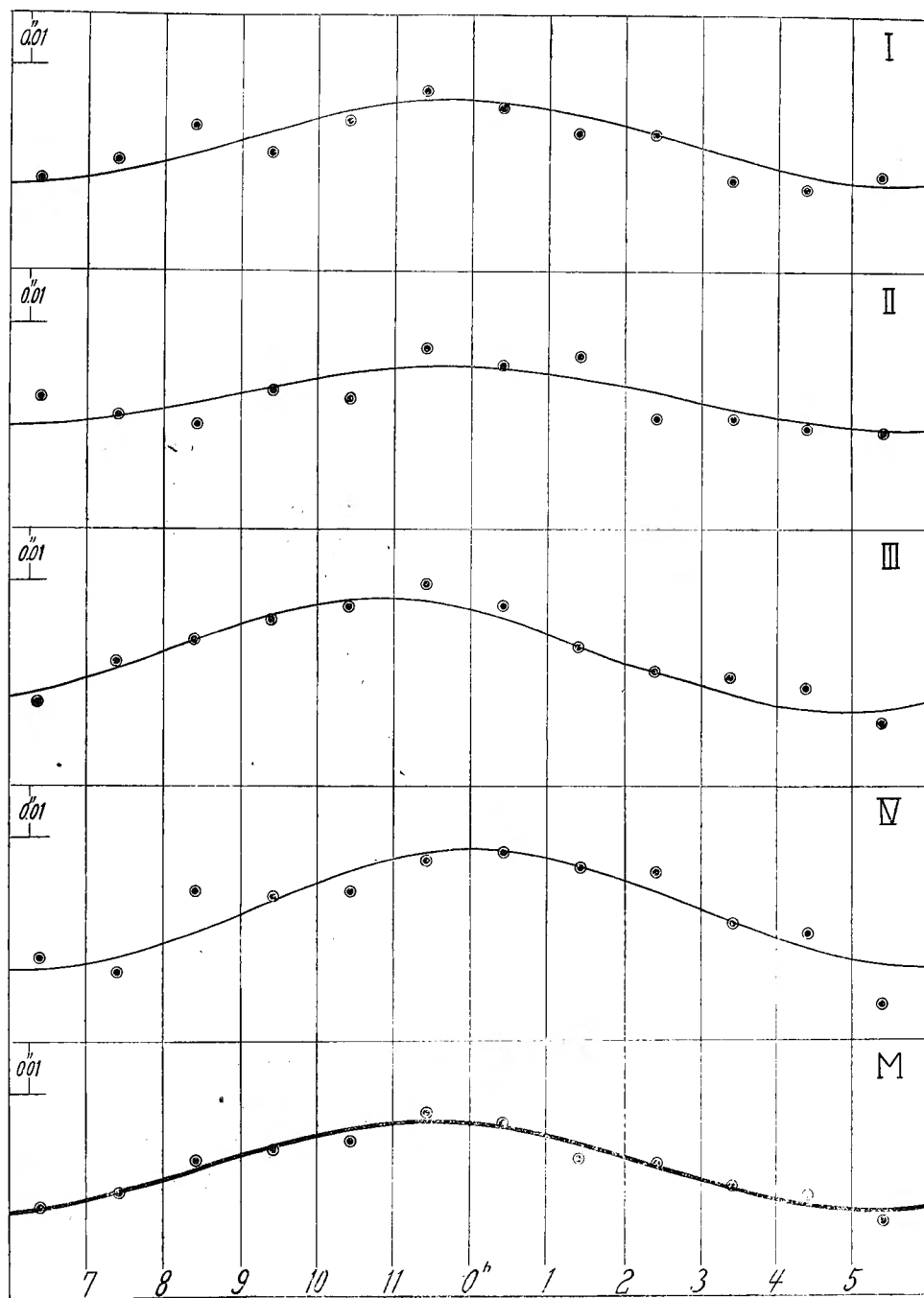
第 二 圖



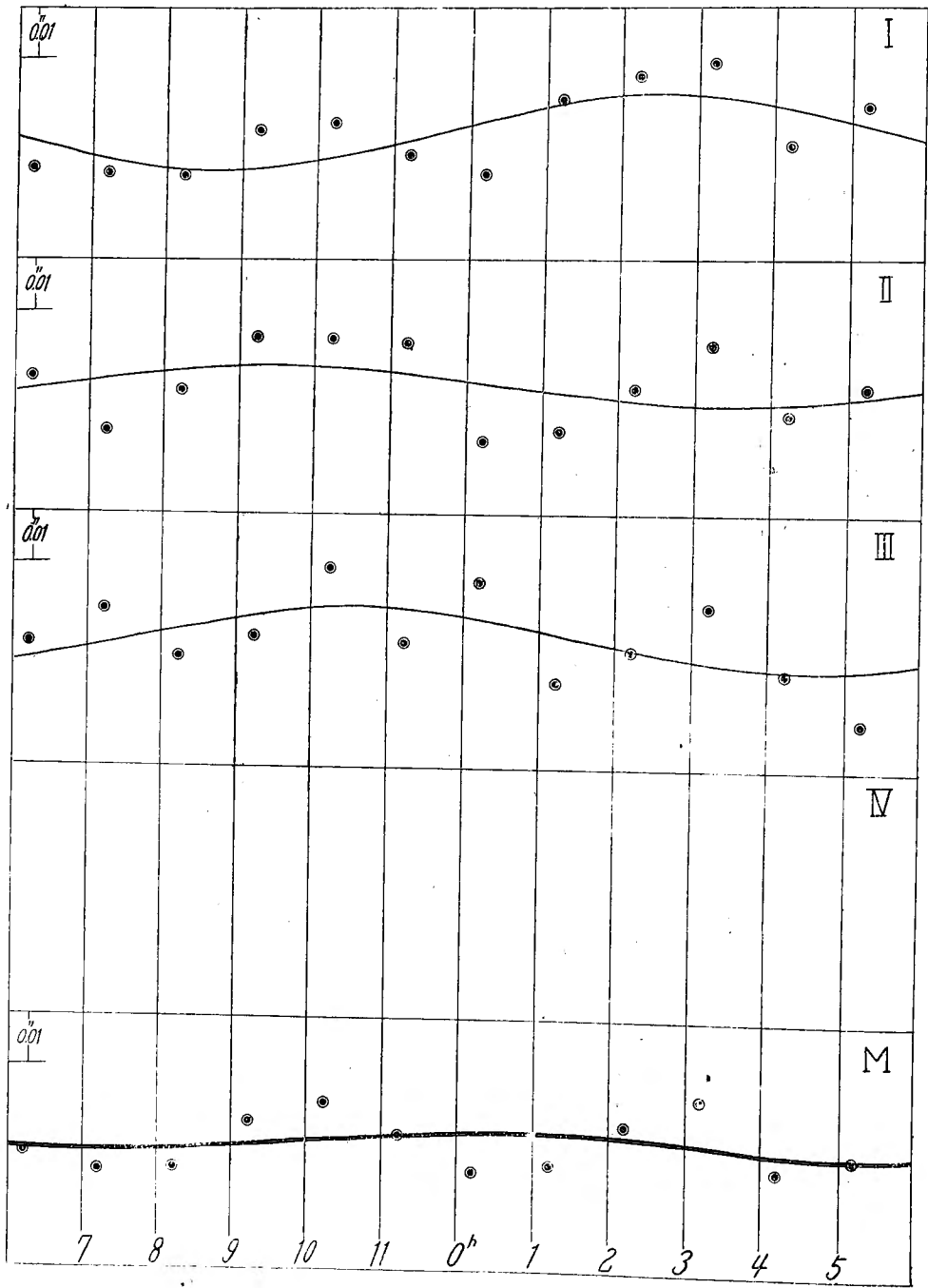
Tschardjui



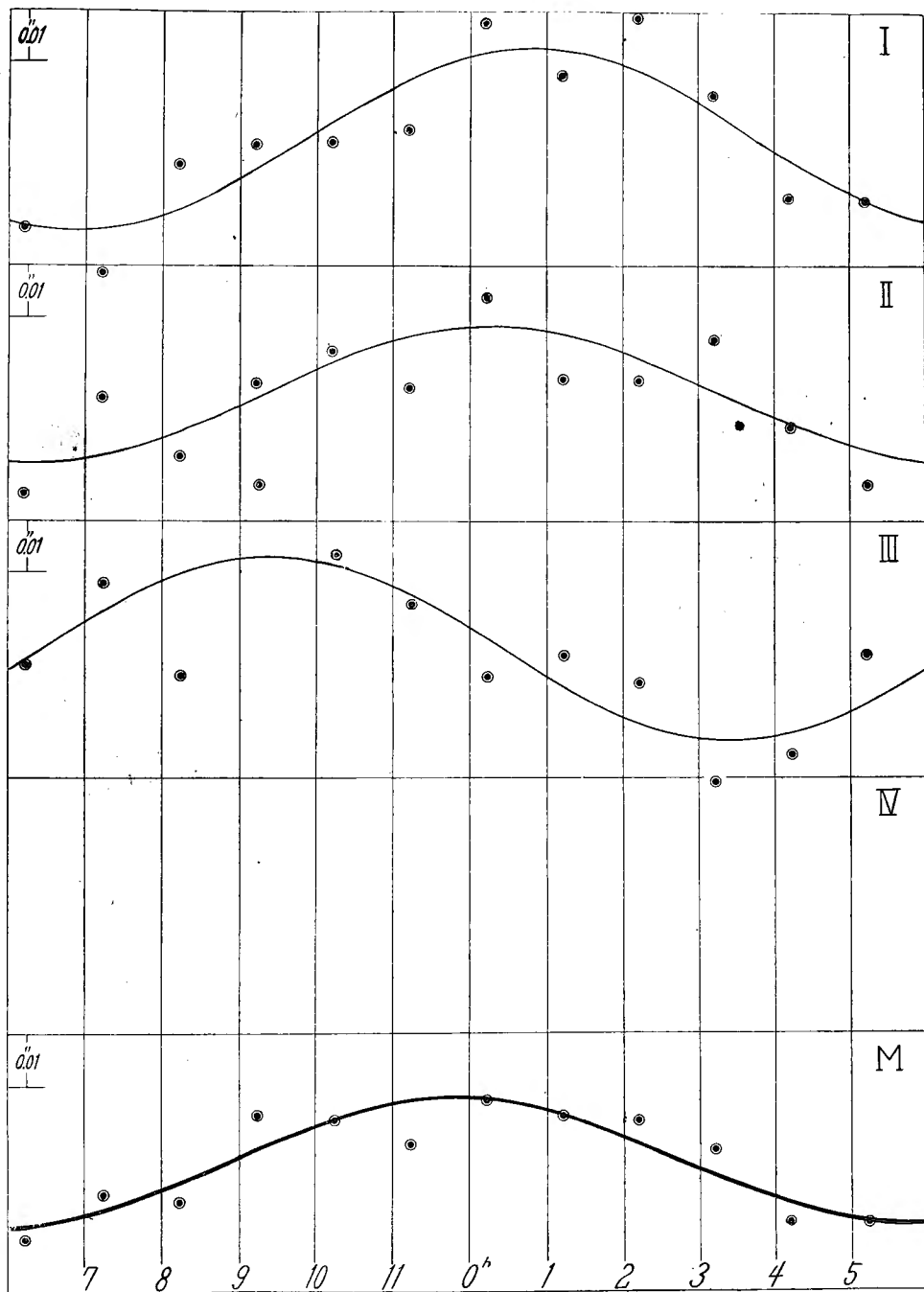
Carloforte



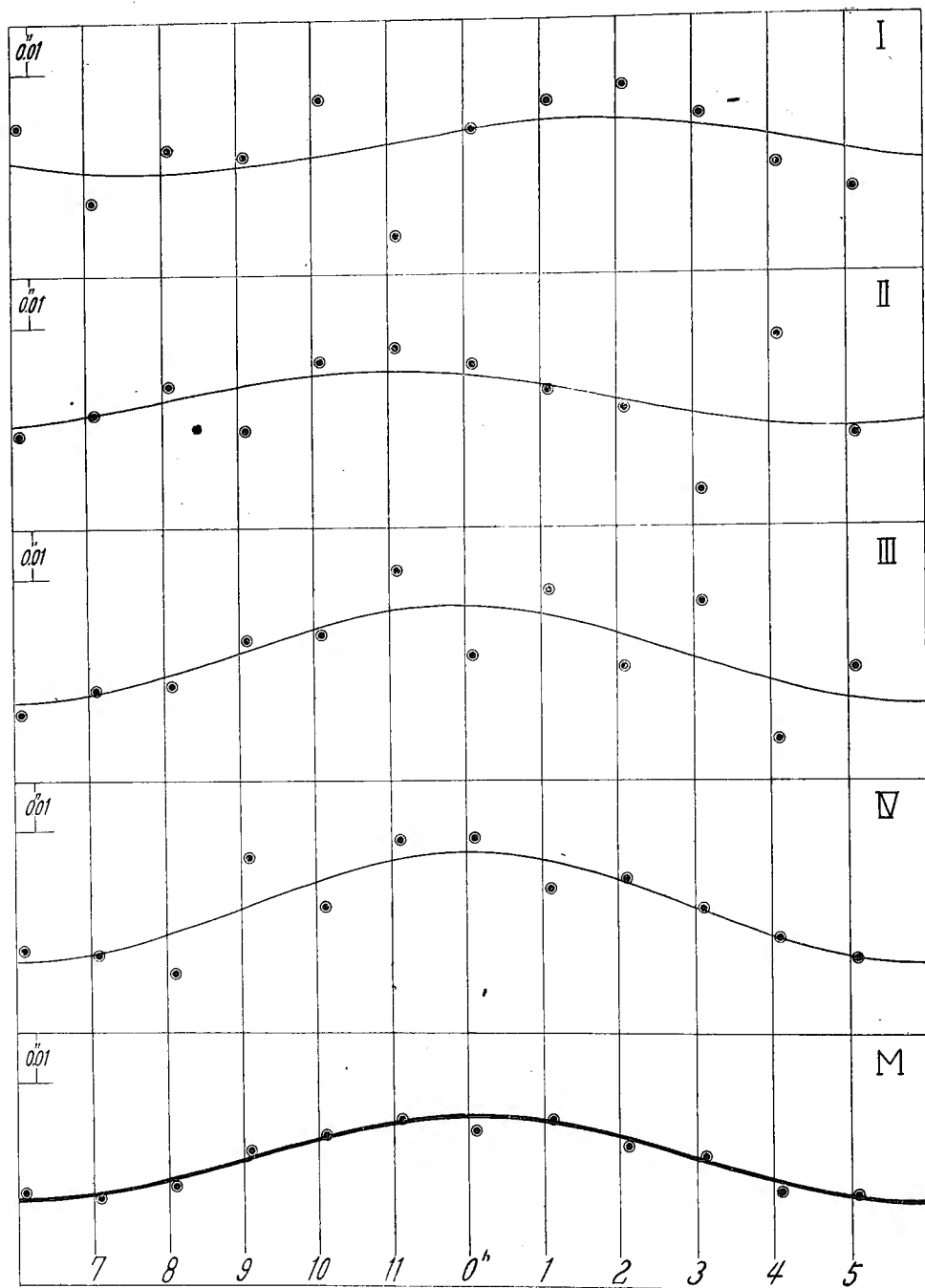
Gaithersburg



Cincinnati



Ukiah



地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

上の第二表より調和解析により M_2 の cosine 項を求め、更に24時間の観測値より平均して12時間の値を求め、兩者を合せ圖示すれば上の第二圖となる。但し此圖に於ては M_2 一時角は各觀測所の子午線に準據せしめて居る。圖中右側の I, II, III, IV, 期は夫々觀測材料第 I, II, III, IV 期に對應し、 M は其等の觀測期間の長短を Weight としての總平均である。

以上の結果を、全て M_2 項の cosine 函數で示せば、次の値となる。此等の値はすべて、解析による補正を施し、且各觀測所の子午線に準據したる M_2 - 時角を採用して居る。但、太陰軌道面の赤道面に對する傾斜度に對する、即、章動項の補正は施して居ない。

水 澤

I .	0."0011	$\cos (2t-75^\circ)$	$\pm 0."0025$
II .	67	329	15
III .	2	275	14
IV .	79	2	20
M .	29	8	10

Tschar djui

I .	0."0131	$\cos (2t-10^\circ)$	$\pm 0."0030$
II .	76	26	20
III .	88	0	41
M .	102	353	15

Carloforte

I .	0."0083	$\cos (2t-357^\circ)$	$\pm 0."0010$
II .	61	352	12
III .	105	329	7
IV .	116	0	13
M .	89	342	6

• Gaithersburg

I .	0."0072	$\cos (2t-77^\circ)$	$\pm 0."0017$
II .	35	286	24
III .	61	319	23

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

M.	19	17	16
Cincinnati			
I	0."0183	$\cos (2t-26^{\circ})$	$\pm 0."0013$
II.	136	9	24
III.	185	282	30
M.	125	354	14
Ukiah			
I.	0."0049	$\cos (2t-47^{\circ})$	$\pm 0."0023$
II.	56	332	26
III.	98	357	22
IV.	111	1	17
M.	79	0	5

總平均を再記すれば

觀 測 所	M_2 -項	期 間
水 澤	$0."0029 \cos (2t-0.3^{\circ}) \pm 0."0010$	31年
Tschar djui	$0."0102 \cos (2t-11.8^{\circ}) \pm 0."0015$	19
Carloforte	$0."0089 \cos (2t-11.4^{\circ}) \pm 0."0006$	31
Gaithersburg	$0."0019 \cos (2t-0.6^{\circ}) \pm 0."0016$	15
Cincinnati	$0."0125 \cos (2t-11.8^{\circ}) \pm 0."0014$	16
Ukiah	$0."0079 \cos 2t \pm 0."0005$	31

以上の結果に就いて二、三の吟味を試みる。先づ今回の値と他の研究者の得たる値との比較をすれば、

Carloforte

志田, 松山	$0."0088 \cos (2t-356^{\circ})$	I. $0."0083 \cos (2t-357^{\circ})$
Przybyllok	$0."0065 \cos (2t-357^{\circ})$	{ I. $0."0083 \cos (2t-357^{\circ})$ II. $0."0061 \cos (2t-352^{\circ})$
西 村	$0."0118 \cos (2t-334^{\circ})$	III. $0."0105 \cos (2t-329^{\circ})$
川 崎	$0."0082 \cos (2t-357^{\circ})$	IV. $0."0116 \cos 2t$

水 澤

Przybyllok	$0."0077 \cos (2t-28^{\circ})$	{ I. $0."0011 \cos (2t-75^{\circ})$ II. $0."0067 \cos (2t-329^{\circ})$
------------	--------------------------------	--

西 村 $0.''0032 \cos (2t-260^\circ)$ III. $0.''0002 \cos (2t-275^\circ)$

川 崎 $0.''0114 \cos (2t-11^\circ)$ IV. $0.''0079 \cos (2t-2^\circ)$

Ukiah

Przybyllok $0.''0024 \cos (2t-8^\circ)$ $\begin{cases} \text{I. } 0.''0049 \cos (2t-47^\circ) \\ \text{II. } 0.''0056 \cos (2t-332^\circ) \end{cases}$

西 村 $0.''0105 \cos (2t-11^\circ)$ III. $0.''0098 \cos (2t-357^\circ)$

川 崎 $0.''0123 \cos (2t-339^\circ)$ IV. $0.''0111 \cos (2t-1^\circ)$

Gaithersburg

Przybyllok $0.''0074 \cos (2t-21^\circ)$ $\begin{cases} \text{I. } 0.''0072 \cos (2t-77^\circ) \\ \text{II. } 0.''0035 \cos (2t-286^\circ) \end{cases}$

上の比較を見れば、先づ Carloforte は各々期間に應じて良く對應せる結果を示し、振幅、位相共に平均誤差の範圍に於て一致して居る。次に水澤は第Ⅰ期、第Ⅲ期の材料よりは M_2 項を検出し得ないといふ結果であつて、此れは西村の前の研究と一致する。第Ⅱ期、第Ⅳ期の値は Przybyllok、川崎博士の値と矢張誤差の範圍で各々良く對應して居る。

Ukiah は第Ⅰ期より、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳと順次振幅を増して行く傾向があるが、此の事が又 Przybyllok、西村、川崎博士の振幅の相違とも良く對應し、且各々の振幅も矢張誤差の範圍で相互によく一致してゐる。

斯の如く、各人が其解析に際し、或は M_2 月を或は眞の太陰時を用ひ、又解析方法に些少の特色を有すと云へども、同一期間の同じ材料を用ふる限り、その最後の結果はその平均誤差の範圍で一致するものである事を知る。

次に比較を終つて、今回の結果に就きて考ふるに、先づ一つの觀測所に對する各期間の振幅の差違である。此の差違は各期間の月の軌道面の赤道面に對する傾斜角の大小による影響は極端の場合でも $0.''0006$ であるから上の如き期間の分け方では殆んど利かないのであつて、其影響は大體 $0.''0001$ 程度であるから、今の場合には問題とならぬ。斯る期間に依る振幅の差違の原因は不明であるが、今水澤と Gaithersburg とは除いて他の各々の値と其平均誤差を比較すれば判る如く、其不一致の度合が、誤差と同程度である事を考ふれば兎も角 6 年乃至 10 年程度の材料では尙且不足であつて、少くとも 20~30 年或は其以上の材料に依つて初め議論し得る事を知るのである。水澤と Gaithersbury とは前述の如く期間に依つて、 M_2 項を検出し得る場合と、然らざる場合とがあり、その原因も不明であるが、其等の總平均に於て、結局 M_2 項が現はれないから、今の場合は一應問題外に置き、他の四箇所に就いて更に詳しく論ずる。今其等の平均値を再記すれば、

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

Carloforte	$0.''0089 \cos (2l-11.4^h) \pm 0.''0006$	31年
Ukiah	$0.''0079 \cos 2l \pm 0.''0005$	31
Tschar djui	$0.''0102 \cos (2l-11.8^h) \pm 0.''0015$	19
Cincinnati	$0.''0125 \cos (2l-11.8^h) \pm 0.''0014$	16

先づ其平均誤差は大體觀測年限に比例して居る事が判る。次に上の値は誤差の範圍内に於て、位相差が無い即太陰の其地の子午線通過の際に最大の變化量を示す。其等の振幅をみると、大體二つに大別される。即 (Carloforte Ukiah), (Tschar djui, Cincinnati) であつて、しかも此等の内 Carloforte, Ukiah は海に非常に接近し、即 Carloforte は地中海 Sardinia 島の南端 San Pietro なる小島中にあり、海岸より100米の近距離に在り、Ukiah は北米 San Francisco 市の北150杆、海岸より50杆の地點にて、何れも海洋潮汐の影響を考へる必要があり、後の Tschar djui, Cincinnati は海より非常に離れた内陸の觀測點にて、即 Tschar djui は裏海の東、アラビヤ海よりは、1600杆餘の大陸内にて、Cincinnati は北米東部 Ohio 州に在り、大西洋、メキシコ灣より1000杆の遠距離にあり、海洋潮汐の影響は殆んど無視し得る地點である。Carloforte, Ukiah の兩地點の吟味は後の機會に譲り、此處では、海洋潮汐の影響なき Tschar djui と Cincinnati とに就いても考へる。前節に於いても述べた如く、地殻潮汐に依る緯度變化量の觀測値と理論値との比を L とすれば、

$$L=1+k-l$$

を與へるものである。今上の結果に就き此の L の値を求むれば、理論値は緯度 $39^{\circ}08'$ に對しては M_2 は $0.''0077 \cos 2l$ にて、且月の軌道面の赤道面に對する傾斜角の影響は、19年、16年の兩期間を採れば、殆んど無視し得るから結局 L は次の値を與へる。

L

Tschar djui	1.32 ± 0.19
Cincinnati	1.62 ± 0.18

前に述べた如く傾斜計觀測より、 h, k の間には

$$D=1+k-l=0.66$$

なる關係が存在し、地球を地殻、液核の二層として計算すれば、 h, k は各々次の値を採るべき事を知つた。

地殻潮汐に就いて(其四)緯度の潮汐變化

$$h=0.74$$

$$k=0.40$$

又大體の様子を考へる爲め、 $D=0.7$ とおき、それに對する種々の k, h を考ふれば

k	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
h	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3

然る、第一節に於て述べた如く、「Euler 章動」の週期より k を求め得るわけであつて、Pollak⁽¹²⁾ の研究に依れば1890~1923年間の緯度變化より求めた Chandler 週期は1.2年であつて、此に對する k は

$$k=0.287$$

斯く 「Euler 章動」よりは、 $k=0.3$, $h=0.6$,

「地球の二層構造」よりは、 $k=0.4$, $h=0.7$

大體 $k=0.3\sim 0.4$ の値を採る事となる。然るに今緯度の潮汐變化よりは

$$L=1+k-l=1.3\sim 1.6$$

なる關係を得た。若し地球が均質、非壓縮性の場合には

$$l=\frac{3}{10}h$$

なる關係が理論的に求められて居るが、今の場合には、上の k, h 並に L より考へて、 l は h に對して非常に小、事實上 0 と考へざるを得ないのである。扱一方、斯る h, k を何等假定なしに求めるためには、傾斜計觀測並に「Euler 章動」の外に更に重力計觀測を必要とする。即地殻潮汐に依る重力の強さの時間的變化の觀測に依つて、傾斜計に依る重力の方向變化の觀測と相俟つて初めて重力ベクトルの潮汐變化を完全に理解し得るのである。重力計觀測に依れば

$$G=1-\frac{3}{2}k+h$$

なる値を求め得るから、この G と前の D との組合せに依り、 h, k を直接求め得るのである。されば h, k 更に l の數値の議論は上の如く、「傾斜計」「Euler 章動」「緯度の潮汐變化」の諸觀測、諸解析の外に更に「重力計」の觀測を加へて初めて直接になされ得るのである事を附言すべきである。

本問題に歸つて、此の緯度の潮汐變化の問題も、上記 Tschardjui, Cincinnati の外に Carloforte, Ukiah に就いても其海洋潮汐の影響を求め、其補正を施して L の値を論ずべきである。此處に注意すべきは、上記 Carloforte, Ukiah 共に位相の遅速は殆んどなく、

理論値を示して居る事は、海洋潮汐の影響を論ずる際に注意すべき結果であり、且解釋の手掛りを與へるものと考へられる。更に一言すべき今回の M_2 項の外に S_2 項に就いての解析 ($19^h \sim 2^h$) を目下進めつゝあり、又報告書第Ⅳ卷 (1922~35) の材料に就いても同様の計算を進めつゝあり、其等の結果は近き機會に今回のものと合せ發表する豫定である。

5. 結 語

從來各人に依つて試みられたる緯度觀測材料より、其潮汐變化を求むる結果は其用ひたる材料の觀測期間を各々異にし、且其解析方法にも些少の差違があり、各々の値に著しい不一致が存する場合も認められたのである。今回は國際緯度觀測所たる水澤、Tschardjui, Carloforte, Gaithersburg, Cincinnati, Ukiah の六箇所に就き全期間(1900--1931)を通じ、即總年數143年餘、總對星數28萬個餘に對し、全部同一の解析方法にて、太陰半日項を求めたのである。其結果を從來の他の研究者に依つて求められたる値と比較し、相互の間には誤差の範圍内に於て良く一致する事を確め得た。此事實より、從來の値の相互間の不一致は一部は採用した觀測期間、觀測材料に起因するもので、一部は從來の採用年數が短すぎて、未だ精細なる議論に立入るには不十分であつた事が判つた。今回の結果より見れば大體30年以上の期間を採用すれば、満足すべき精密度に達し得らるゝ様である。又海洋潮汐に影響されざる内陸の二點 Tschardjui, Cincinnati に就いては各れも20年未滿にて未だ精密度に於て充分とは云ひ難いが兎も角今回の結果より、次の事實が認められた。即地殻潮汐による子午線方向の變位は垂直方向の變位に較べて非常に小である。

終りに臨み、本研究に於て終始御指導を賜つた佐々博士に對し、深甚の謝意を表すると共に、觀測材料其他の點に就いて種々御便宜を賜つた上田穰教授に御禮を述べる。又計算に當られた吉川良枝、村上幸子、小林靜子の諸嬢に對し、感謝を述べると共に本計算を御援助下された日本學術振興會に對し、此處に謝意を表す。

文 獻

- (1) Newcomb, S., On the dynamics of the earth's rotation with respect to the periodic variation of latitude. M. N. R. A. S. 52, 1892.
- (2) Larmor, J., The relation of the earth's free precessional nutation to its resistance against tidal deformation. Proc. R. S. London 82, 1909.
- (3) 西村 英 一. 地殻潮汐に就いて. 其一. 「地球物理」第5卷第1號 昭16 (阿武山地震觀測所報告 第1報)
- (4) " " 其三. " 第5卷第2號 " (" 第2報)

- (5) 志田順, 松山基範. Change of plumb line referred to the axis of the earth as found from the result of the international latitude observations. Mem. Coll. Science and Eng., Kyoto Imp. Univ. 4, 1912.
- (6) Przybyllok, E., Über einige periodische Erscheinungen in Polhöhenbeobachtungen. Astr. Nachr. 213, 5101, 1921.
- (7) " " Über die M_2 -Tide in the Lotbewegung. Astr. Nachr. 218, 5214, 1923.
- (8) 西村英一 Change of plumb line referred to the axis of the earth as found from the result of the international latitude observations (II). Mem. Coll. Science, Kyoto Imp. Univ. A, 20, 1937.
- (9) 川崎俊一 Variation in latitude with the moon's position. Proc. Imp. Acad. 11, 1935.
- (10) Stetson, H. T., Variation of latitude with the moon's position. Nature, 1929, pp. 127-
 " Variation effect in latitude, correlated with the moon, Nature, 1933, pp. 437-
- (11) Jones, H. S., The tidal effects on the variation of latitude at Greenwich. M. N. R. A. S. 99, 1939.
- (12) Pollak, L. W., Das Periodogramme der Polbewegung, Gerl. Beit. z. Geophys. 16, 1927.